

Aus der Medizinischen Klinik der Universität Erlangen
Direktor: Prof. Dr. med. Norbert Henning

Untersuchung verschiedener Leuchtschirme bezüglich ihrer Eignung für die Schirmbildphotographie im Hartstrahlbereich

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät der
Friedrich-Alexander-Universität
zu
Erlangen

vorgelegt von
Johannes Kirchoff aus Stuttgart
1957

Aus der Medizinischen Universitätsklinik Erlangen

Direktor: Prof. Dr.med. N.Henning

Untersuchung verschiedener Leuchtschirme bezüglich ihrer
Eignung für die Schirmbildphotographie im Hartstrahlbereich

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Friedrich-Alexander-Universität

zu

E r l a n g e n

Vorgelegt von

Johannes K i r c h h o f f

aus Stuttgart



Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen.

Dekan: Professor Dr.med. C. Korth
Referent: Privatdozent Dr.Ing. F. Wachsmann
Korreferent: Professor Dr.med. N. Henning

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Juli 1957

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Einleitung	1
A) Geschichte des Schirmbildverfahrens	1
1.) Einiges über die Röntgenuntersuchung.	1
2.) Entwicklung der Schirmbildphotographie.	1
B) Stand des heutigen Wissens.	2
1.) Der derzeitige Aufbau der Apparate für die Schirmbildphotographie.	2
2.) Objektive	3
a) Die Kamera mit Linsenobjektiv.	3
b) Die Kamera mit Spiegelobjektiv (Odelca-Spie- gelkamera)	3
3.) Der Belichtungsautomat.	4
4.) Filme für das Schirmbildverfahren	4
5.) Leuchtschirme	5
II. Aufgabenstellung	5
III. Gewählte Versuchsbedingungen	6
1.) Material	6
2.) Apparatur.	7
3.) Phantome	7
4.) Dosimetrie	8
5.) Lichtregistrierung (Leuchtdichte).	8
IV. Auswertung der Versuchsergebnisse.	10
1.) Dosimetrie	10
2.) Leuchtdichtemessungen.	15
a) Verhältnis: Leuchtdichte / Austrittsdosis	15
b) Verhältnis: Leuchtdichte / Einfallsdosis.	15
V. Schlußfolgerungen.	42
VI. Zusammenfassung.	44
VII. Schrifttum	45



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548205_0067

I. Einleitung.

A) Geschichte des Schirmbildverfahrens.

1.) Einiges über die Röntgenuntersuchung.

Gewisse Krankheiten bedürfen einer stetigen Überwachung größerer Bevölkerungsgruppen. Als wertvolles Hilfsmittel hierfür gilt unter anderem die Röntgenuntersuchung. Sie ermöglicht die Kontrolle bekannter und die Erfassung neuer Erkrankungen mittels der Röntgendurchleuchtung oder der Röntgenaufnahme. Die direkte Röntgenaufnahme wie auch die Röntgendurchleuchtung beanspruchen viele ausgebildete Ärzte, verursachen große Zeitverluste und haben untragbar hohe Kosten zur Folge. Für die Tuberkulose beispielsweise wurde die Röntgenreihenuntersuchung entwickelt. Nach GRAF (1) bemühten sich ABREU, JANKER (2), HOLFELDER u.a. um geeignete Untersuchungsmethoden.

2.) Entwicklung der Schirmbildphotographie.

Aus den im vorhergehenden Abschnitt genannten Gründen gewann ein Verfahren besondere Bedeutung, das schon kurz nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen in Versuchen immer wieder Verwendung fand: Die Röntgenschirmbildphotographie. Auf dem Wege über die Durchleuchtung wird das Bild des Durchleuchtungsschirmes mit einer photographischen Kamera in verkleinertem Maßstabe abgebildet. Der amerikanischen Zeitschrift "The Electrical Engineer" vom 1. Juli 1896 wird nach GRAF (1) heute oft die erste Veröffentlichung zuerkannt. BLEYER beschrieb in dieser Zeitschrift Schirmbildphotographien von Kanülen in Kehlkopf und Luftröhre. Sie benötigten 1-2 Minuten Belichtungszeit. BLEYER erwähnte dabei, er habe schon am 15. April 1896 von derartigen Aufnahmen berichtet. JANKER (3) (ebenfalls nach GRAF (1)) jedoch stellt in seiner Schrift: "Leuchtschirmphotographie, Röntgenreihenuntersuchung", Heft 69 der Tuberkulosebibliothek fest, daß die Italiener BATELLI und GABASSO im Januar 1896 in der Zeitschrift "Il nuovo Cimento" ihre Versuche einer Photographie des Röntgenleuchtschirmes geschildert haben.

Es folgten Jahre der unermüdlichen Kleinarbeit, durchgeführt von Physikern, Chemikern, Ingenieuren und Ärzten, um das Schirmbildverfahren den hohen Erfordernissen der Diagnoseklärung brauchbar anzupassen. Diesen Männern verdanken wir die technischen Fortschritte bis zum heutigen Tage. Die Idee und die praktische Herstellung einer verwendbaren Schirmbildaufnahme scheiterten zunächst an der geringen Helligkeit und schlechten Detaillierbarkeit des Leuchtschirmbildes sowie an den langen Aufnahmezeiten. Geeignatere Leuchtschirme wurden entwickelt, leistungsfähigere Röntgenapparate geschaffen und auch die Aufnahmekameras verbessert. Die moderne Form eines Schirmbildapparates läßt kaum einen Vergleich mit einer früheren Konstruktion zu.

B) Stand des heutigen Wissens.

1.) Der derzeitige Aufbau der Apparate für die Schirmbildphotographie.

Als Röntgenröhre wird eine Drehanoden - Pantixröhre 100/20/40 ø oder eine Stehanodenröhre Douglas ERG Do 100/45/130 ø benutzt. Ein pyramidenförmiger Tubus befindet sich zwischen Leuchtschirm und Kamera und ist mit beiden fest montiert. Auf diese Weise kann bei der Kamera der Verschuß entbehrt werden, denn der Film wird durch Ein- und Abschalten des Röntgenapparates belichtet (GAJEWSKI (4)). Die Streustrahlen härterer Strahlung vermindert eine zwischen Patient und Leuchtschirm eingebaute Streustrahlenblende; daher wird die Aufnahmegüte verbessert (GAJEWSKI (4)). Eine mitabgebildete beleuchtete Karteikarte dient der Registrierung der Aufnahme.

Bei der Röntgenreihenuntersuchung großer Bevölkerungskreise spielt der Faktor "Zeit" eine nicht unwesentliche Rolle. Die Röntgenapparate - Industrie stellte deshalb besondere Geräte mit übereinstimmender Höheneinstellung der Röntgenröhre und des Schirmbildtubusses her. Handliche Bedienungsgriffe, automatische Sicherungen gegen Bedienungsfehler - wie zum Beispiel Doppelbelichtung eines Filmes -, erleichtern die Arbeit mit diesen Gerä-

ten. Entsprechende Strahlenschutzmaßnahmen schützen das Bedienungspersonal. Der Patient steht bei den modernen Schirmbildapparat en meist in einer ringsum geschlossenen Strahlenschutzkabine.

2.) Objektive.

Für die Röntgenschirmbildphotographie stehen zwei verschiedene Verfahren zur Verfügung:

Kameras mit Linsenobjektiven und Kameras mit sogenannten "Spiegelobjektiven". Bei allen Objektiven müssen die optischen Fehler soweit möglich korrigiert und der Verkleinerungsmaßstab berücksichtigt sein. Die Lichtstärke hat mindestens 1:1,5 zu erreichen.

a) Die Kamera mit Linsenobjektiv.

Die Kamera mit Linsenobjektiv weist als Vorteil auf: Geringeres Gewicht, einfache Änderung der Abbildungsgröße durch Vorsatzlinsen, müheloses Auswechseln der Kameras unterschiedlicher Bildformate, verhältnismäßig niedriger Preis.

b) Die Kamera mit Spiegelobjektiv (Odelca-Spiegelkamera).

Höhere Lichtstärke ergibt dagegen die Kamera mit Spiegelobjektiv. Anstatt der Glaslinsen benützt man hier einen sphärischen Hohlspiegel. Die optischen Fehler des Hohlspiegels (z.B. sphärische Aberration) korrigiert der in das Spiegelobjektiv eingebaute Korrektor (eine Linse). Während der Aufnahme wird der Film an eine sphärische Fläche genau angepreßt. Ein weiterer Fortschritt ist die von N.V. Optische Industrie "De Oude Delft" (Delft / Holland) hergestellte "Odelca"-Spiegelkamera. Sie besitzt einen Korrektor mit sphärischen Flächen. Der Mittelpunkt jener Flächen stimmt mit dem Mittelpunkt des Hohlspiegels und des Filmes überein. Durch dieses "konzentrische Spiegelsystem" wird daher Komma und Astigmatismus beseitigt. Jeder Strahl geht durch den Mittelpunkt als optische Achse. (GAJEWSKI (5)).

An die sphärische Fläche einen breiten Rollfilm genau anzu-
legen, ist mit großen Schwierigkeiten verbunden. So werden
bei e b e n e n Leuchtschirmen nur Einzelblattfolien ver-
wendet. Für die Röntgenreihenuntersuchung war dieses System
jedoch unbrauchbar. Der Einbau eines zylindrisch gekrümmten
Leuchtschirmes (Zylinderachse parallel zur Körperachse) er-
möglichte es, auf die sphärische Krümmung der Bildfläche zu
verzichten.

3.) Der Belichtungsautomat.

Häufig verursachten ungenaue Einstellung von Belichtungswerten,
Meßfehler oder gar fehlerhafte Beurteilung von Patientenumfang
Fehlaufnahmen. Die Konstruktion eines Belichtungsautomaten (Ionto-
mat) half diesen Mangel beseitigen. FRANKE (6) beschrieb einen
solchen schon im Jahre 1929. BISCHOFF (7), FRANKE, NEBOSCHEW und
RUMP lösten dieses Problem in gemeinsamer Arbeit im Jahre 1945
endgültig. Eine flache Ionisationskammer wurde zwischen der oben
erwähnten Streustrahlenblende und dem Leuchtschirm eingebaut.
Mit einem Schaltkasten stehen die Elektroden dieser Kammer durch
ein isoliertes Kabel in Verbindung. Die den Patienten und die
Streustrahlenblende durchsetzende Röntgenstrahlung fällt auf die
Ionisationskammer. Ist die Dosis für die Erzeugung der gewünsch-
ten und in gewissen Grenzen variablen Filmschwärzung erreicht,
wird die Röntgenröhre durch den "Iontomaten" abgeschaltet.
Schwärzung des Filmes und somit auch die Bildgüte bleiben bei al-
len Aufnahmen, sofern dies gewünscht wird, unverändert.

Die Amerikaner MORGAN und HODGES (GRAF (1)) verwenden einen an-
deren Weg. Sie messen die Leuchtschirmhelligkeit mit einer Photo-
zelle, die dann ebenfalls die Aufnahme abschaltet.

4.) Filme für das Schirmbildverfahren.

Feines Korn, hohe Empfindlichkeit besonders gegenüber dem Fluores-
zenzlicht der Leuchtschirme und steile Gradation sind die Bedin-
gungen, die an einen Schirmbildfilm gestellt werden müssen. Bei
der Filmentwicklung dürfen möglichst keine Entwicklungsschleier
auftreten. Zur Anwendung kommen vielfach orthochromatische sensi-

bilisierte Emulsionen. Die Filmformate besitzen eine Bildgröße von 24x24 mm, "Kleinformat", oder von 31x31 mm, "Technikformat", und von 63x63 mm, "Mittelformat". Die Lagerfähigkeit der Filme sollte ebenfalls günstig sein.

5.) Leuchtschirme.

Bei den Leuchtschirmen kommt es auf Zeichenschärfe und Helligkeit an. Beide Eigenschaften beeinflussen sich in gegensätzlicher Weise und müssen je nach Verwendungszweck gegeneinander abgewogen werden. So stellte die Leuchtstoffindustrie feinzeichnende dunkle oder grobzeichnende relativ helle Leuchtschirme her. Die Verminderung der Detailerkennbarkeit wird man bei manchen Aufnahmen (z.B. röntgenkinematographische Aufnahmen) zugunsten der Lichtausbeute am Leuchtschirm hinnehmen. Dagegen unter anderen Umständen (z.B. Röntgenreihenuntersuchung zur Tuberkulosebekämpfung) ist eine größere Detailerkennbarkeit auf Kosten der Helligkeit und damit der Belichtungszeit in gewissen Grenzen erwünscht. Seit kurzem werden neben gelbgrün-fluoreszierenden Zinkkadmiumsulfidschirmen blauleuchtende Schirme mit entsprechend sensibilisierten Filmen wegen der einfacheren Dunkelkammerarbeit verwendet.

II. Aufgabenstellung.

Bei jeder Röntgenuntersuchung ist eine gewisse Dosisbelastung des Patienten nicht zu vermeiden. Das Bestreben eines kritischen und verantwortungsbewußten Arztes muß es daher sein, diese Dosisbelastung möglichst gering zu halten. Eine beachtliche Strahlenexposition, gegeben durch die neueren klinischen Untersuchungsmethoden, die gesetzlich begründete Röntgenreihenuntersuchung des Volkes und die Entwicklung des Atomzeitalters, führt heute zwangsläufig zu einer stärkeren Gesamtstrahlenbelastung der Bevölkerung. Ziel der Arbeit ist es daher, nachzuprüfen, ob für Leuchtschirmuntersuchungen im allgemeinen, besonders aber für die indirekte Röntgenphotographie im Hinblick auf die Dosisbelastung des Patienten günstigere Durchleuchtungs- und Aufnahmebe-

dingungen angegeben werden können. Weiterhin wird untersucht, inwieweit eine Erhöhung der Spannung bei Aufnahmen in der indirekten Röntgenphotographie die Rentabilität der eingesetzten Einheiten erhöht und die Lebensdauer der Röntgenröhre durch geringere Röhrenlast verlängert wird.

III. Gewählte Versuchsbedingungen.

1.) Material.

Es war wünschenswert, einen Überblick über die Brauchbarkeit von Röntgenleuchtschirmen verschiedener Herkunft zu gewinnen. Dank des Entgegenkommens der Industrie konnten die verschiedensten Schirmfabrikate untersucht werden. Es standen uns Auerschirme, Cawoschirme, 1 Pattersonschirm und Siemensschirme zur Verfügung. Die gelieferten Schirme hatten eine Größe von 9x13 cm und vor der Leuchtschicht ein Bleiglas von 10 mm Dicke. Ein Bleirahmen (Abb. 1), von 4 mm Dicke und in der Größe eines Leuchtschirmes 40x40 cm, besaß eine Vorrichtung zum mühelosen Auswechseln der Schirme.



Abb. 1.

Bleirahmen in der Größe eines Leuchtschirmes 40x40 cm, mit Vorrichtung zum Auswechseln der Leuchtschirme 9x13 cm.

2.) Apparatur.

Die Hauptuntersuchungen fanden an einem Stabilivoltapparat der Siemens-Reiniger-Werke, eine orientierende Untersuchungsreihe am Stabiliphosapparat (Hartstrahl Diagnostik) der Siemens-Reiniger-Werke statt. Der Stabilivoltapparat lieferte kontinuierliche - konstante Gleichspannungen von 60 - 200 kV, der Stabiliphosapparat konnte mit Spannungen von 50 - 120 kV (Durchleuchtungsbetrieb) betrieben werden. Die Röhreneigenfilterung der zur Verfügung stehenden Röntgenröhre lag zwischen 1,75 und 2 mm Al. In bestimmten Versuchsreihen wurden zur Aufhärtung der Strahlung Zusatzfilter verwandt.

3.) Phantome.

Um den praktischen Bedingungen der Schirmbildphotographie, bzw. der Durchleuchtung, recht nahe zu kommen, wurden anstelle eines Patienten 2 Phantomanordnungen benutzt. Ein Vinidurgefäß (Abb. 2) mit der Tiefe von 10 cm Wasser hatte die Maße 42,5 cm hoch, 43 cm breit, 11 cm tief und eine Wandstärke von insgesamt 10 mm. Dieses sollte bezüglich der Schwächung der Röntgenstrahlen die dem Thorax äquivalenten Bedingungen liefern (10 cm Wasser + Wandstärke im direkten Strahlengang). Als Zusatzphantom kam ein weiteres Vinidurgefäß (Abb. 2) mit der Tiefe von 5 cm Wasser, der Maße 42,5 cm hoch, 43 cm breit, 6 cm tief und einer Wandstärke von ins-

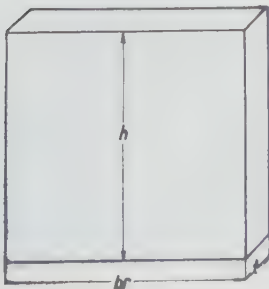


Abb. 2.

Skizze von einem Vinidurgefäß.

h = Höhe, br = Breite,
 t = Tiefe.

gesamt 10 mm zur Anwendung. Letzteres diente in Verbindung mit dem zuerst angeführten Vinidurgefäß zur Nachahmung der Schwächungsbedingungen von Röntgenstrahlen bei voluminösen Körperabschnitten (z.B. entsprechend 15 cm Wasser + Wandstärke: Abdomen).

4.) Dosimetrie.

Da ein interessanter, aber noch längst nicht allgemein bekannter Zusammenhang zwischen Dosis am Leuchtschirm, Durchleuchtungs- bzw. Aufnahmespannung und Leuchtdichte besteht, wurden zunächst umfangreiche Dosismessungen im Spannungsbereich von 60 - 200 kV durchgeführt. Gemessen wurde sowohl frei Luft als auch hinter den Wasserphantomen, mit ungefilterter Strahlung (ohne Zusatzfilter, nur mit Röhreneigenfilterung; in der vorliegenden Arbeit kurz "ungefilterte Strahlung" genannt) und mit Normalstrahlung. Es sollte einerseits die in der Praxis üblichen Bedingungen berücksichtigt, andererseits mit einer exakt definierten Strahlung gearbeitet werden. Für alle Messungen stand das Siemens-Reiniger Universaldosimeter in Verbindung mit den für diese Spezialuntersuchungen geeigneten Kammern, wie Fingerhutkammer, Becherkammer (Kammerfaktor 1/8) und Kugelkammer (Kammerfaktor 1/15), zur Verfügung. Der Fokus-Kammerabstand betrug bei den Messungen 1 m, die Feldgröße 20x20 cm. Ein sogenannter "Selbstablauf" am Meßinstrument (Universaldosimeter) und damit Meßfehler konnten durch exaktes Arbeiten immer ausgeschlossen werden.

5.) Lichtregistrierung (Leuchtdichte).

Die Messungen der Leuchtdichte hinter den entsprechenden Phantomen erfolgte mit einer sehr empfindlichen Cäsium-Antimon-Photozelle "Original Pressler" Type 90 - 381 / Tumu (Gehäuse) / G A V (Gefäß-Schicht-Füllung), die mit 200 Volt betrieben wurde. (Abb. 3 zeigt die spektrale Empfindlichkeitsverteilung der verwendeten Photozelle.) Diese Zelle befand sich in einem lichtdichten Gehäuse (Abb. 4), das nach einer Seite zu eine runde Öffnung mit dem Durchmesser von 37 mm besaß. Jene Öffnung war direkt gegenüber der lichtempfindlichen Schicht der Cäsium-Antimon-Photozelle vorhanden. Durch sorgfältige Abschirmung wurden primäre oder sekundäre Strahlungen von der Zelle ferngehalten,

Abb. 3.

Spektrale Empfindlichkeitsverteilung der verwendeten Photozelle.
(Nach den Angaben des Herstellers)

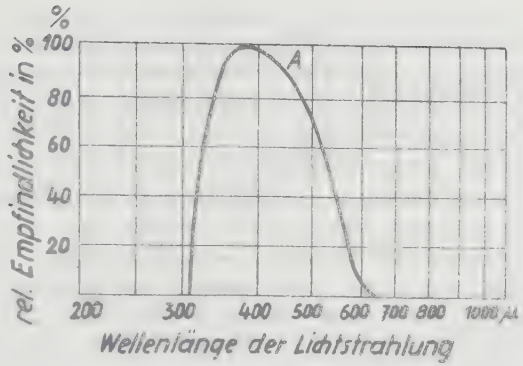


Abb. 4.

Photozelle in licht- und strahlengeschütztem Gehäuse mit Fenster und Anschlußvorrichtung für Kabel zum Universaldosimeter.

d.h. bei Anordnung mit abgedecktem Leuchtschirm und eingeschaltetem Strom kam es zu keinerlei Ausschlag am Registriergerät. Als Registriergerät diente das Siemens-Reiniger Universaldosimeter. (Photostrom = im 20 r/min.-Bereich: 18×10^{-12} A/Skalenteil; Photostrom = im 200 r/min.-Bereich: 18×10^{-13} A/Skalenteil.) Photozelle und Universaldosimeter standen durch ein Kabel miteinander in Verbindung. Der Dunkelstrom wurde während jeder Versuchsbedingung kontrolliert. Die Zelle, bzw. Isolation war so vorzüglich, daß im Laufe einer etwa 1-jährigen Untersuchungszeit und bei Arbeiten mit einer so empfindlichen Zelle ein konstanter Dunkelstrom registriert werden konnte (0,1 Skalenteile). Dieser Wert wurde jeweils in Abrechnung gebracht.

Die Untersuchungen umfaßten ebenfalls wie die Dosismessungen einen Bereich von 60 - 200 kV und wurden sowohl ohne Zusatzfilter als auch mit Normalstrahlung durchgeführt. Der Grund für das Arbeiten mit ungefilterter Strahlung und Normalstrahlung war der gleiche wie oben bei Abschnitt Dosimetrie angegeben. Der Fokus-Schirmabstand betrug entsprechend Fokus-Kammerabstand auf 1 m, die Feldgröße auch hier 20x20 cm.

IV. Auswertung der Versuchsergebnisse.

1.) Dosimetrie.

Zur Beurteilung der interessierenden Dosisbelastung des Patienten sowie der Lichtausbeute am Schirm erschien eine ausgedehnte Dosismessung frei Luft (Einfallsdosis - Abb. 5) und hinter den verwendeten Phantomen (Austrittsdosis - Abb. 6) mit ungefilterter Strahlung und Normalstrahlung notwendig. Einen guten Einblick über die Dosisbelastung des Patienten geben schon die von WACHSMANN, BREUER und BUCHHEIM (8) sowie FRIK und BUCHHEIM (9) angegebenen Verhältniskurven von Einfallsdosis / Austrittsdosis. Diese Messungen wurden wiederholt, um für die zu verwendenden Apparaturen eigene Messergebnisse zu Grunde legen zu können. Der Fokus-Kammerabstand war für die Einfallsdosis 80 cm, für die Austrittsdosis 1 m; die Feldgröße betrug 20x20 cm. (Abb. 5 - 7)

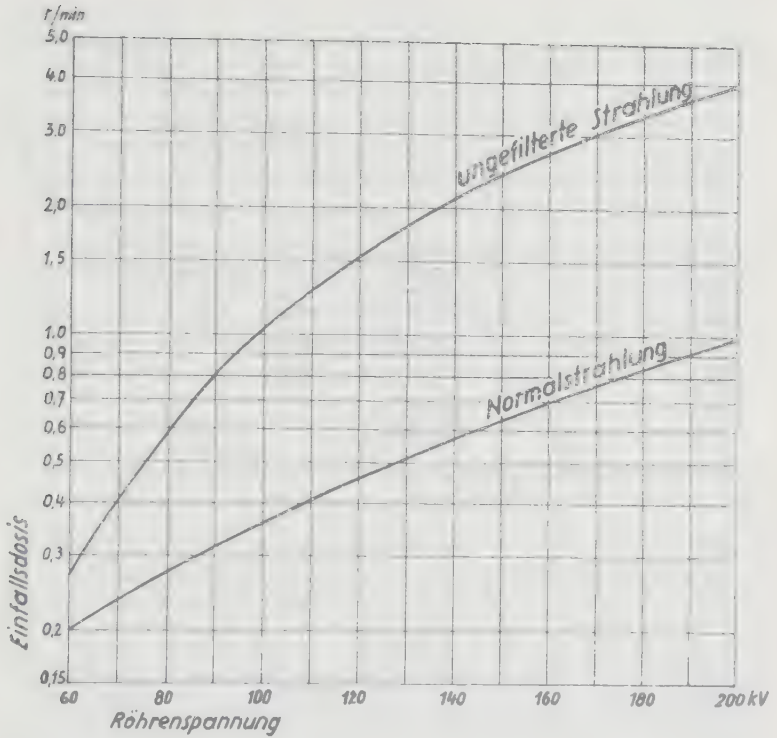


Abb. 5.

Einfallsdosis (Dosismessung frei Luft) bei ungefilterter Strahlung und Normalstrahlung; Fokus-Kammerabstand 80 cm; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm. Die Kurven zeigen den Anstieg der von einer Röntgenröhre gelieferten Dosisleistung.

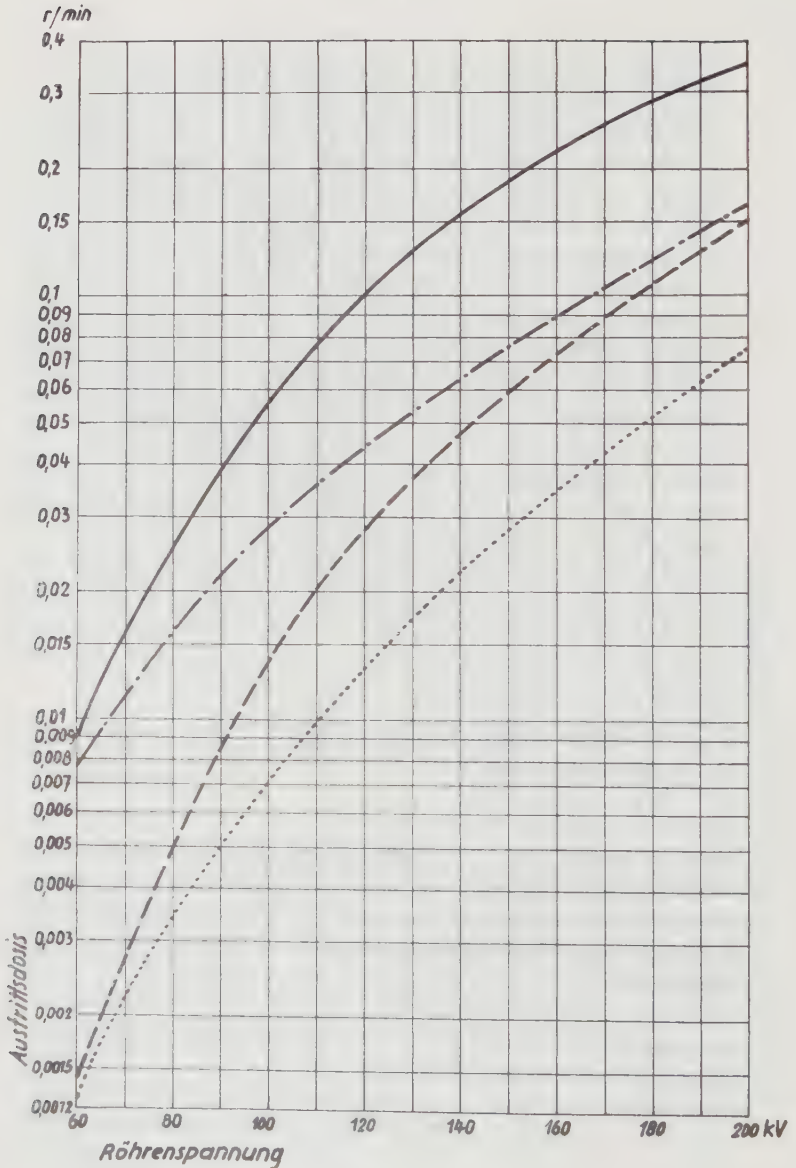


Abb. 6. - Text s. Seite 13.

Abb. 6.

Austrittsdosis hinter 10 cm und 15 cm Wasser bei ungefilterter Strahlung und Normalstrahlung; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Vinidurphantom 5 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Kammerabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm. Die Kurven zeigen den Anstieg der von einer Röntgenröhre gelieferten Dosisleistung.

- = Ungefilterte Strahlung hinter 10 cm Wasser,
- = Ungefilterte Strahlung hinter 15 cm Wasser,
- - - - - = Normalstrahlung hinter 10 cm Wasser,
- = Normalstrahlung hinter 15 cm Wasser.

Abb. 7.

Dosisbelastung des Patienten, ausgedrückt als Verhältnis "Einfallsdosis zu Austrittsdosis", bei ungefilterter Strahlung und Normalstrahlung;

Einfallsdosis gemessen frei Luft; Fokus-Kammerabstand 80 cm; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Austrittsdosis hinter 10 cm und 15 cm Wasser; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Vinidurphantom 5 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Kammerabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

- = Ungefilterte Strahlung hinter 10 cm Wasser,
- = Ungefilterte Strahlung hinter 15 cm Wasser,
- - - - - = Normalstrahlung hinter 10 cm Wasser,
- = Normalstrahlung hinter 15 cm Wasser.

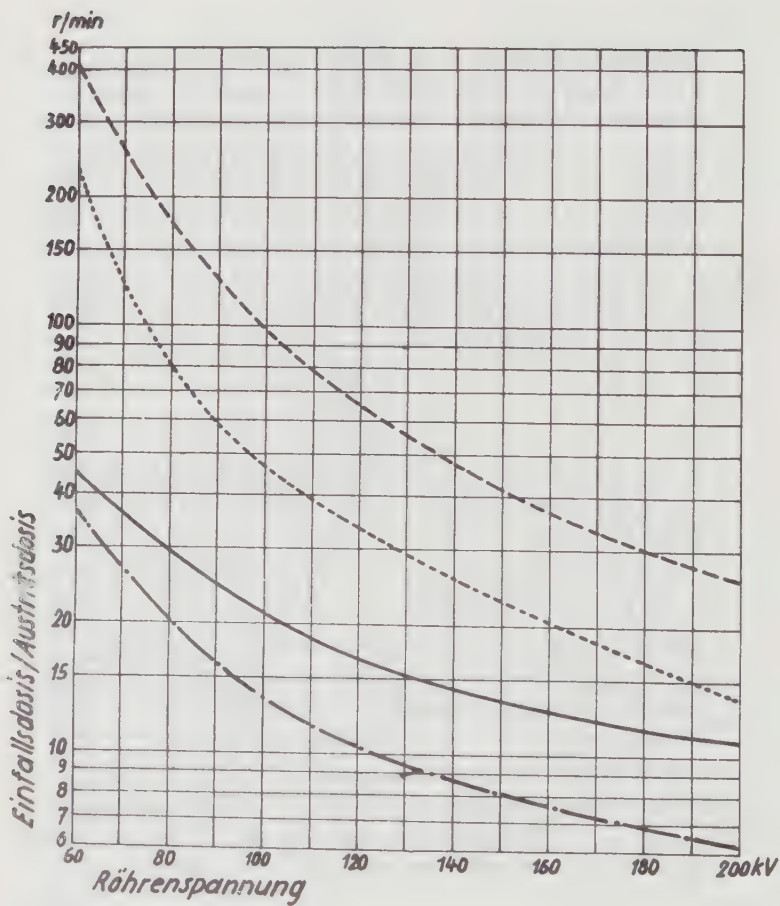


Abb. 7. - Text s. Seite 13.

2.) Leuchtdichtemessungen.

Das Verhalten der einzelnen Schirmarten bezüglich Lichtausbeute, das heißt: Leuchtdichte, sollte bestimmt werden. Die Registrierung der Leuchtdichte erfolgte im selben Spannungsintervall, mit den gleichen Strahlenqualitäten und Phantomen wie die Dosismessungen. Auch die Feldgröße lag bei 20x20 cm. Alle Leuchtdichtemessungen erfolgten hinter den angegebenen Streukörpern (Phantomen), um den in der Praxis vorkommenden Aufnahme- und Durchleuchtungsbedingungen möglichst nahe zu kommen. Die Kurven zeigen einen steilen Anstieg der Schirmhelligkeit. Sie lassen aber noch keinen Schluß auf die Dosisbelastung des Patienten zu, da mit Spannungssteigerung die einfallende Dosis (Abb. 5) ebenfalls zunimmt (Abb. 8 - 23)

a) Verhältnis: Leuchtdichte / Austrittsdosis.

Die Relation Leuchtdichte / Austrittsdosis verschafft einen Überblick über die optimale Anregungsspannung und die spannungsabhängige Lichtausbeute. Bei dieser Untersuchung wurde allein die Austrittsdosis gemessen. Die Kurven lassen erkennen, daß bei allen untersuchten Schirmen das Optimum an Lichtausbeute - erzielt durch die auf den Schirm auffallende Strahlung (nicht Einfallsdosis am Patienten) - zwischen 60 - 100 kV liegt. Weitere Spannungserhöhung wird bei einer gleichen auf den Schirm fallenden Dosis nicht mehr mit einer Steigerung der Leuchtdichte beantwortet. Die Absorption der härteren Strahlung wird geringer und damit verbunden die Wirksamkeit der Strahlung. (Abb. 24 - 27)

b) Verhältnis: Leuchtdichte / Einfallsdosis.

Bei Untersuchung der Dosisbelastung des Patienten ist aber eine Spannungserhöhung wegen des günstiger werdenden Verhältnisses Einfallsdosis / Austrittsdosis (Abb. 7) doch sinnvoll. Die Abb. 28 - 35 zeigen, daß bei Spannungssteigerung trotz der daraus für den Leuchtschirm resultierenden "ungünstigeren" Anregungsspannungen die Vorteile durch die geringere Gesamtdosis der einfallenden Strahlung im Untersuchungsobjekt überwiegen. (Abb. 28 - 35)

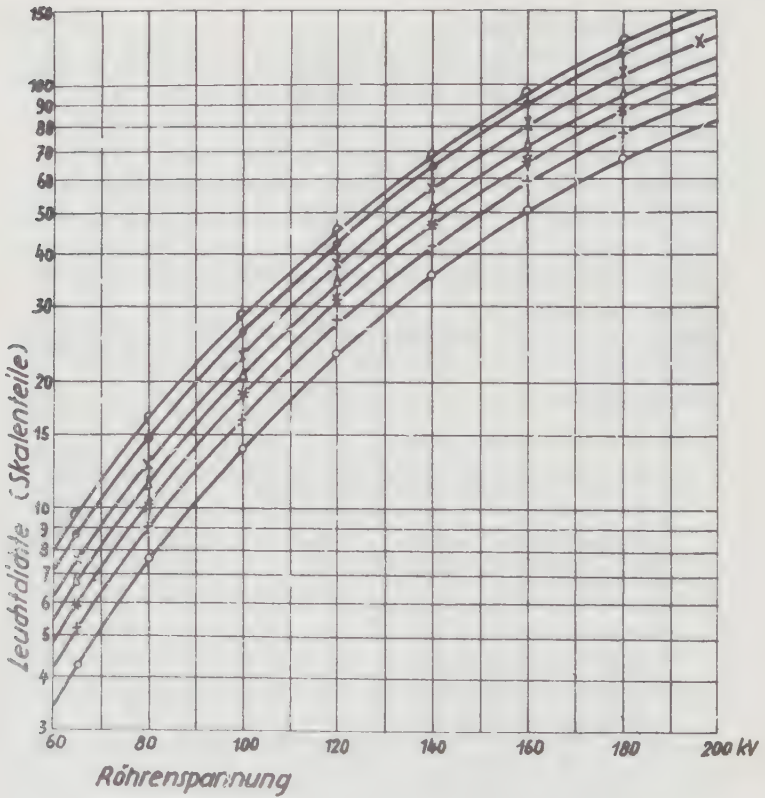


Abb. 8.

Leuchtdichte unter 10 cm Wasser bei ungefilterter Strahlung; Siemens-schirm, Vorfilter, 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Die Kurven zeigen den steilen Anstieg der Schirmhelligkeit.

- o = 50 mg Siemensschirm,
- + = 60 mg Siemensschirm,
- * = 70 mg Siemensschirm,
- Δ = 80 mg Siemensschirm,

- X = 90 mg Siemensschirm,
- = 120 mg Siemensschirm,
- ◊ = 140 mg Siemensschirm.

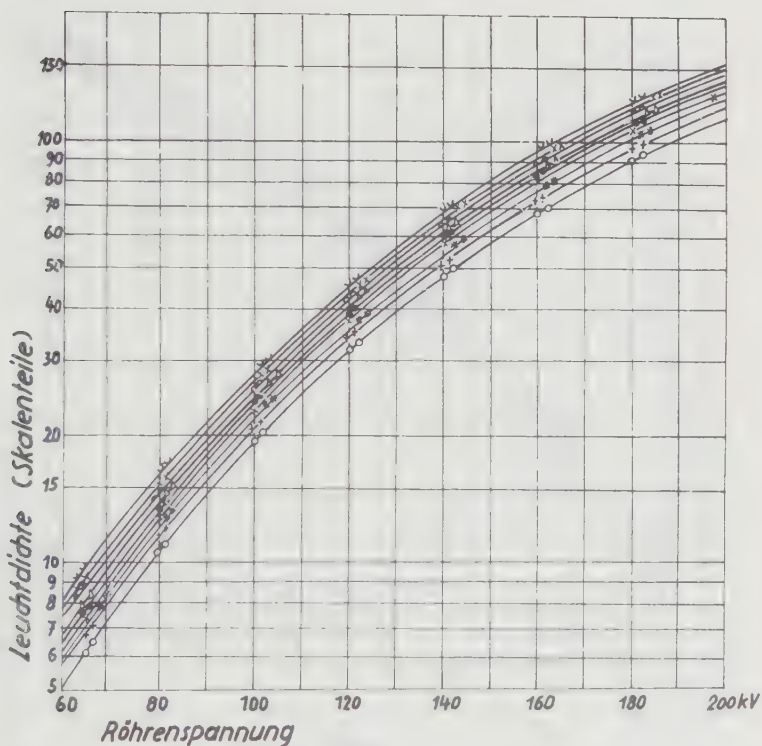


Abb. 9.

Leuchtdichte hinter 10 cm Wasser bei ungefilterter Strahlung; Auer-schirme; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insge-samt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Die Kurven zeigen den steilen Anstieg der Schirmhelligkeit.

- oo = 1. Auerschirm,
- ++ = 2. Auerschirm,
- *** = 3. Auerschirm,
- = 4. Auerschirm,

- x = 90 mg Siemensschirm,
- ΔΔ = 5. Auerschirm,
- ∩∩ = 6. Auerschirm,
- xx = 7. Auerschirm,
- ∪∪ = 8. Auerschirm.

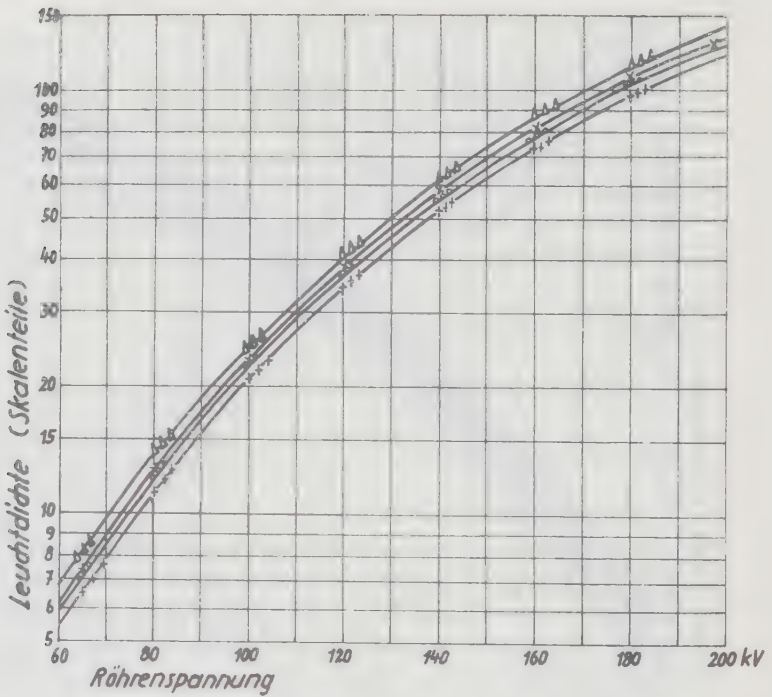


Abb. 10.

Leuchtdichte hinter 10 cm Wasser bei ungefilterter Strahlung; 2 Cawoschirme, 1 Pattersonschirm; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm. Die Kurven zeigen den steilen Anstieg der Schirmheligkeit.

ΔΔΔ - Cawoschirm I,
+++ - Cawoschirm II,

x = 90 mg Siemensschirm,
ooo = Pattersonschirm.

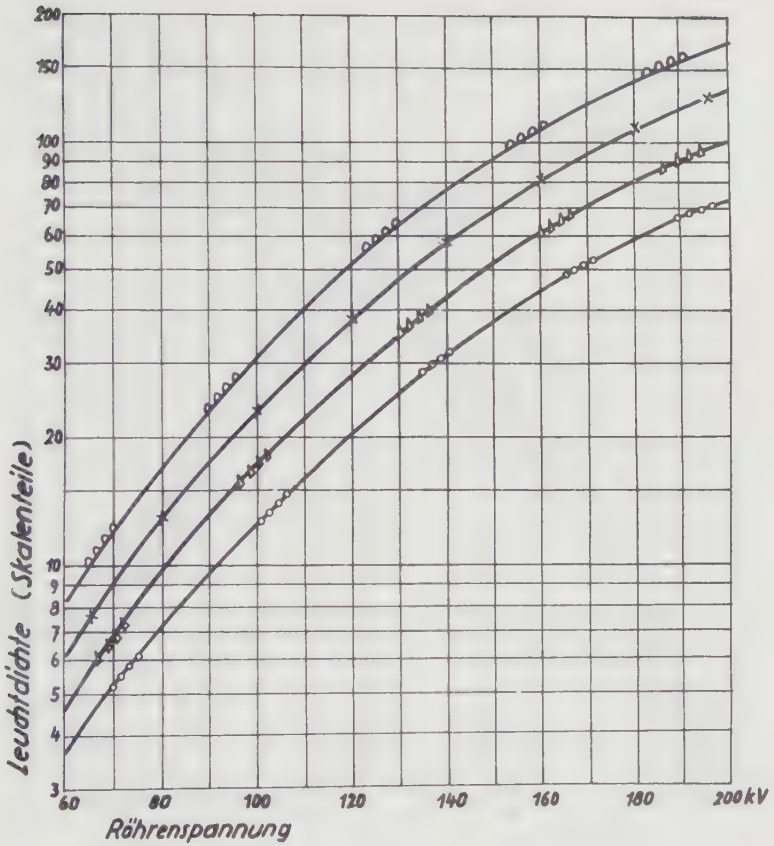


Abb. 11.

Leuchtdichte hinter 10 cm Wasser bei ungefilterter Strahlung; Siemens-Schirmbildschirme; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm. Die Kurven zeigen den steilen Anstieg der Schirmhelligkeit.

○○○○ = Schirmbildschirm S,

× = 90 mg Siemensschirm,

△△△△ = Schirmbildschirm N,

○○○○ = Schirmbildschirm H.

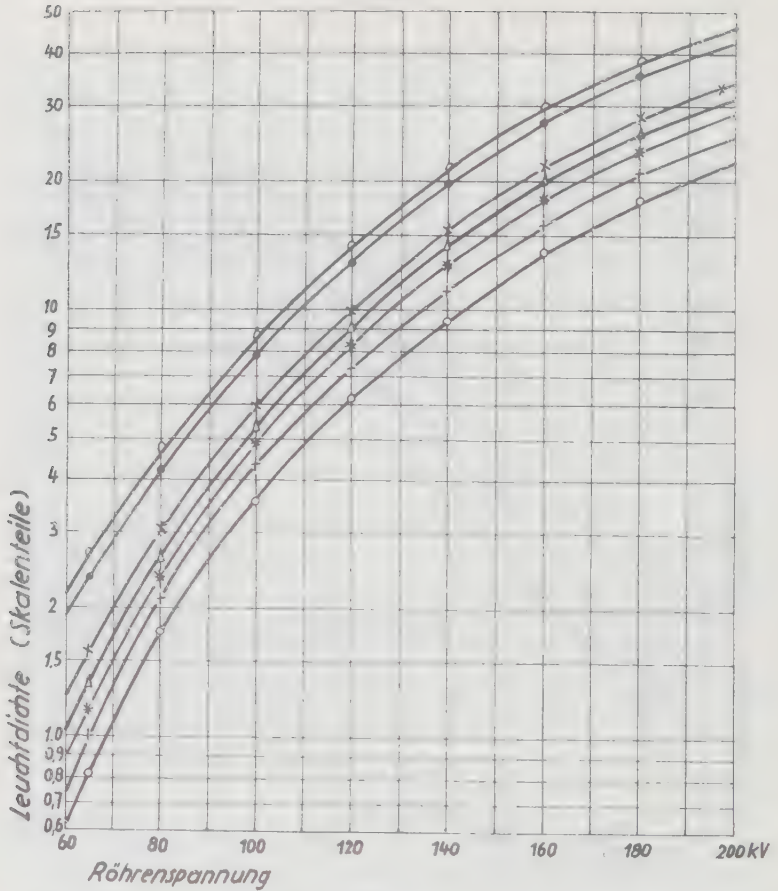


Abb. 12.

Leuchtdichte hinter 15 cm Wasser bei ungefilterter Strahlung; Siemensschirme; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Vinidurphantom 5 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Die Kurven zeigen den steilen Anstieg der Schirmhelligkeit.

- = 50 mg Siemensschirm,
- + = 60 mg Siemensschirm,
- * = 70 mg Siemensschirm,
- Δ = 80 mg Siemensschirm,

- x = 90 mg Siemensschirm,
- = 120 mg Siemensschirm,
- = 140 mg Siemensschirm.

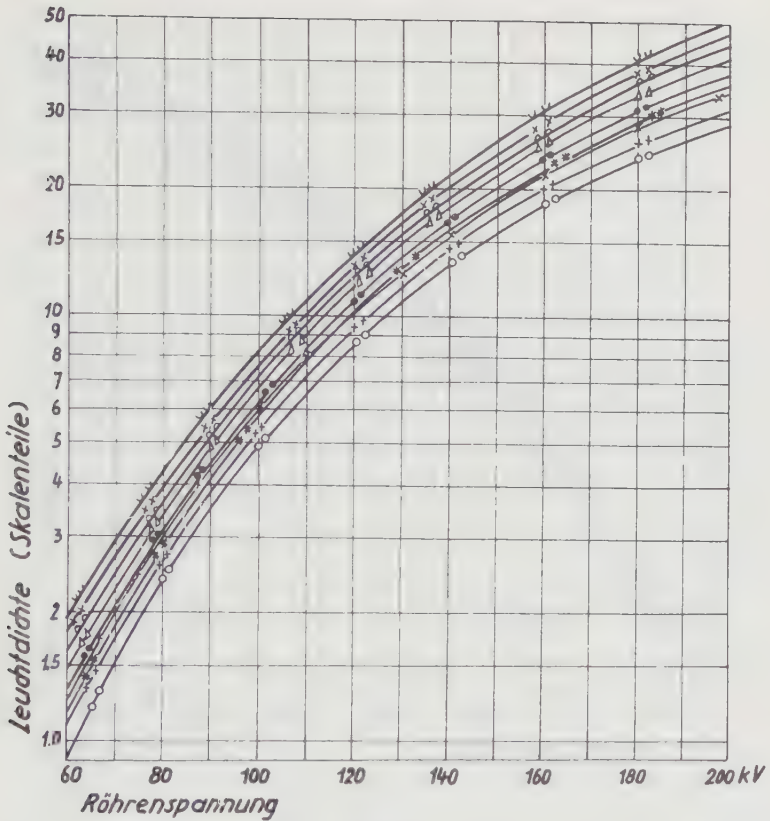


Abb. 13.

Leuchtdichte hinter 15 cm Wasser bei ungefilterter Strahlung; Auerschirme; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Vinidurphantom 5 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Die Kurven zeigen den steilen Anstieg der Schirmhelligkeit.

- oo = 1. Auerschirm,
- ++ = 2. Auerschirm,
- *** = 3. Auerschirm,
- = 4. Auerschirm,

- x = 90 mg Siemensschirm,
- ΔΔ = 5. Auerschirm,
- ∩∩ = 6. Auerschirm,
- xx = 7. Auerschirm,
- ∪∪ = 8. Auerschirm.

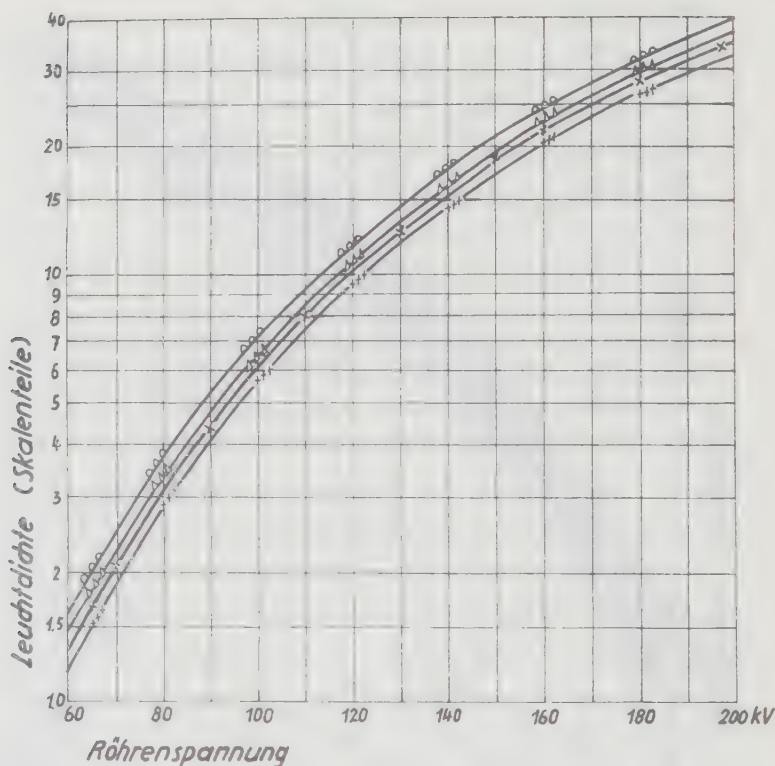


Abb. 14.

Leuchtdichte hinter 15 cm Wasser bei ungefilterter Strahlung; 2 Cawo-schirme, 1 Pattersonschirm; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Vinidurphantom 5 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm. Die Kurven zeigen den steilen Anstieg der Schirmheligkeit.

ΔΔΔ = Cawoschirm I,
+++ = Cawoschirm II,

x = 90 mg Siemensschirm,
ooo = Pattersonschirm.

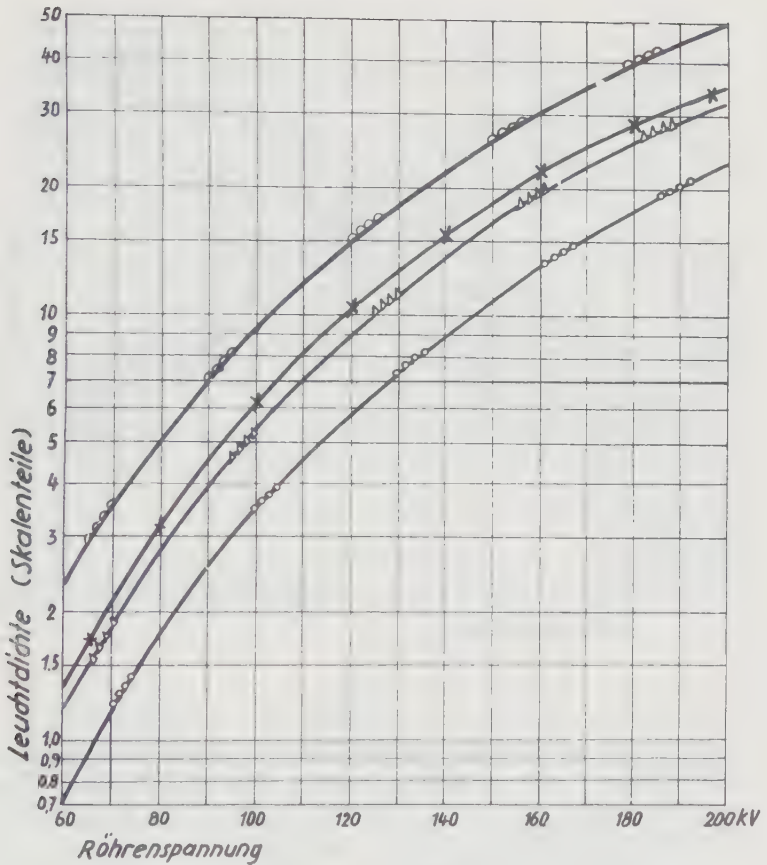


Abb. 15.

Leuchtdichte hinter 15 cm Wasser bei ungefilterter Strahlung; Siemens-Schirmbildschirme; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Vinidurphantom 5 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm. Die Kurven zeigen den steilen Anstieg der Schirmhelligkeit.

oooo = Schirmbildschirm S,

x = 90 mg Siemensschirm,

ΔΔΔΔ = Schirmbildschirm N,

..... = Schirmbildschirm H.

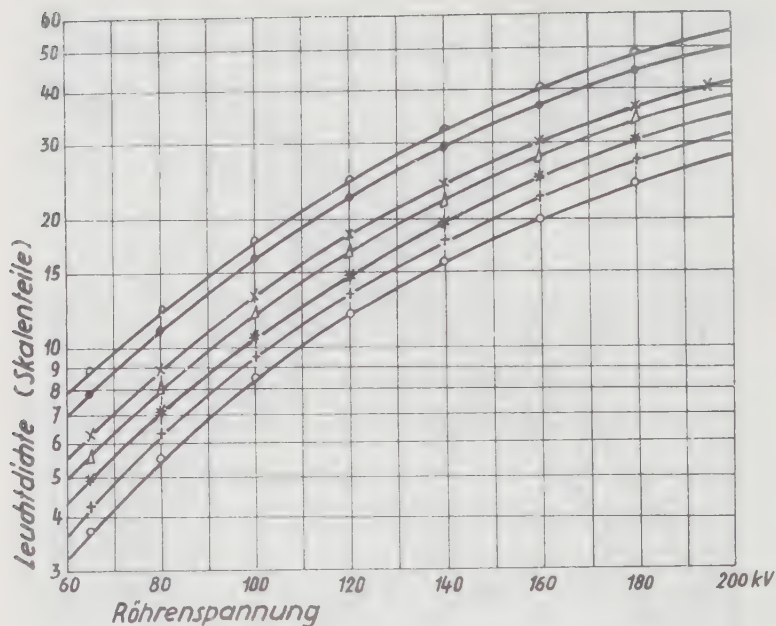


Abb. 16.

Leuchtdichte hinter 10 cm Wasser bei Normalstrahlung; Siemensschirme; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm. Die Kurven zeigen den steilen Anstieg der Schirmhelligkeit.

○ = 50 mg Siemensschirm,

+ = 60 mg Siemensschirm,

* = 70 mg Siemensschirm,

△ = 80 mg Siemensschirm,

X = 90 mg Siemensschirm,

● = 120 mg Siemensschirm,

○ = 140 mg Siemensschirm.

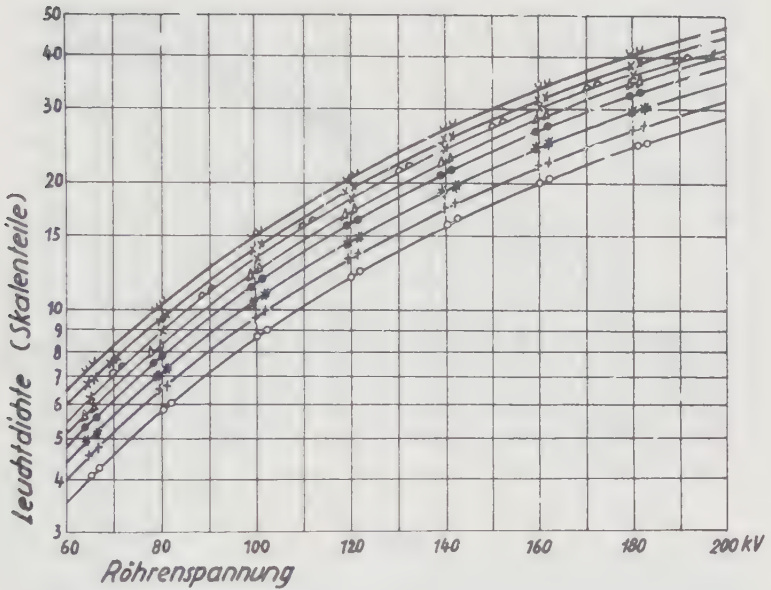


Abb. 17.

Leuchtdichte hinter 10 cm Wasser bei Normalstrahlung; Auerschirme; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm. Die Kurven zeigen den steilen Anstieg der Schirmhelligkeit.

- ○ = 1. Auerschirm,
- + + = 2. Auerschirm,
- * * = 3. Auerschirm,
- ● = 4. Auerschirm,

- X = 90 mg Siemensschirm,
- △ △ = 5. Auerschirm,
- ○ = 6. Auerschirm,
- X X = 7. Auerschirm,
- ∪ ∪ = 8. Auerschirm.

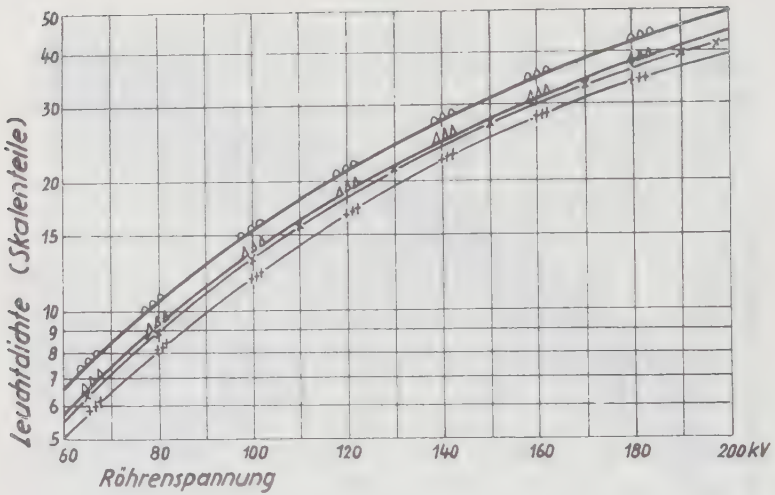


Abb. 18.

Leuchtdichte hinter 10 cm Wasser bei Normalstrahlung; 2 Cawoschirme, 1 Pattersonschirm; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm. Die Kurven zeigen den steilen Anstieg der Schirmhelligkeit.

△△△ = Cawoschirm I,

× = 90 mg Siemensschirm,

+++ = Cawoschirm II,

○○○ = Pattersonschirm.

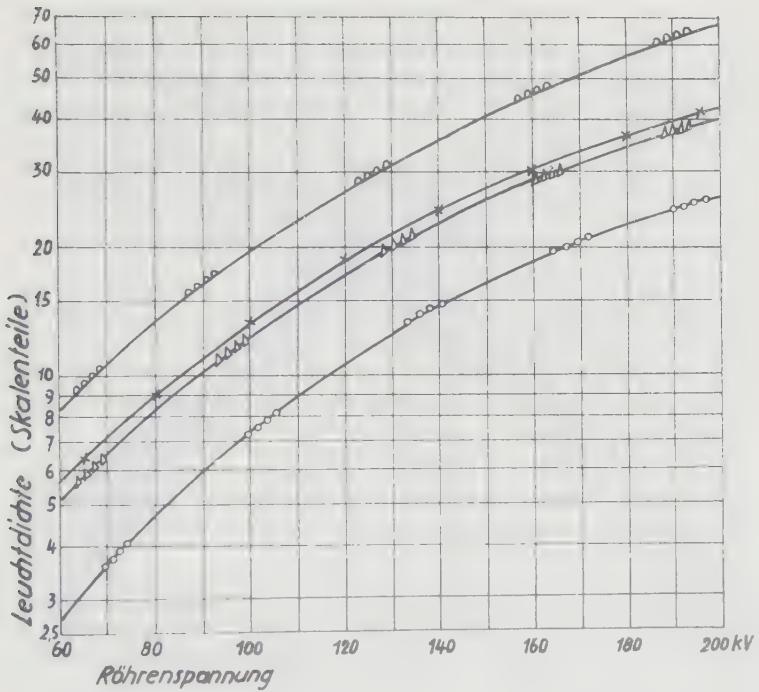


Abb. 19.

Leuchtdichte hinter 10 cm Wasser bei Normalstrahlung; Siemens-Schirmbildschirme; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm. Die Kurven zeigen den steilen Anstieg der Schirmhelligkeit.

oooo = Schirmbildschirm S,

x = 90 mg Siemensschirm,

ΔΔΔΔ = Schirmbildschirm N,

oooo = Schirmbildschirm H.

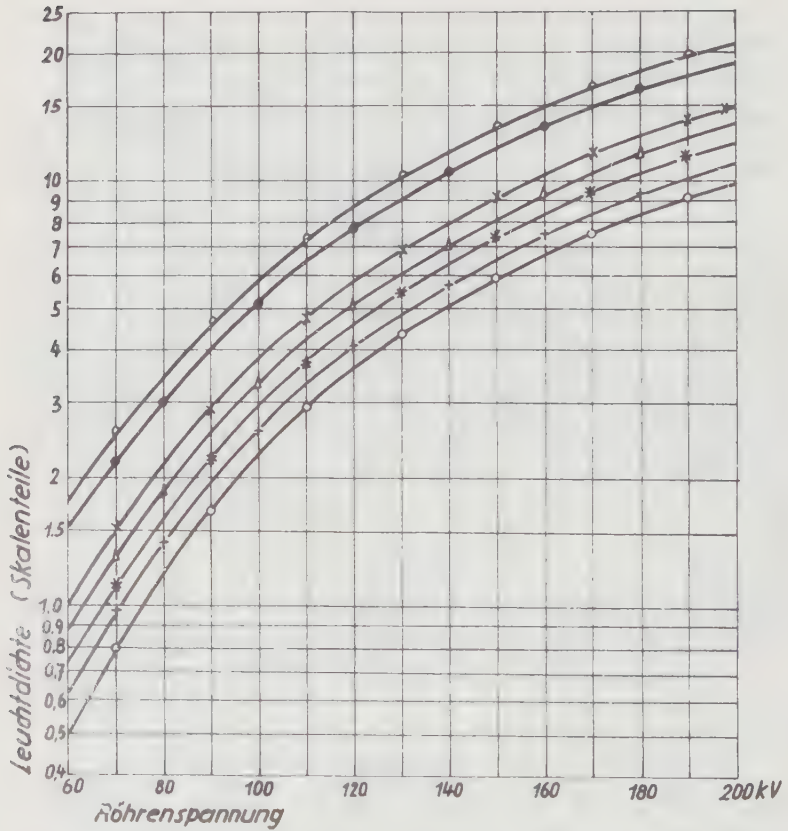


Abb. 20.

Leuchtdichte hinter 15 cm Wasser bei Normalstrahlung; Siemensschirme; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Vinidurphantom 5 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm. Die Kurven zeigen den steilen Anstieg der Schirmhelligkeit.

○ = 50 mg Siemensschirm,
 + = 60 mg Siemensschirm,
 * = 70 mg Siemensschirm,
 Δ = 80 mg Siemensschirm,

X = 90 mg Siemensschirm,
 ● = 120 mg Siemensschirm,
 ◐ = 140 mg Siemensschirm.

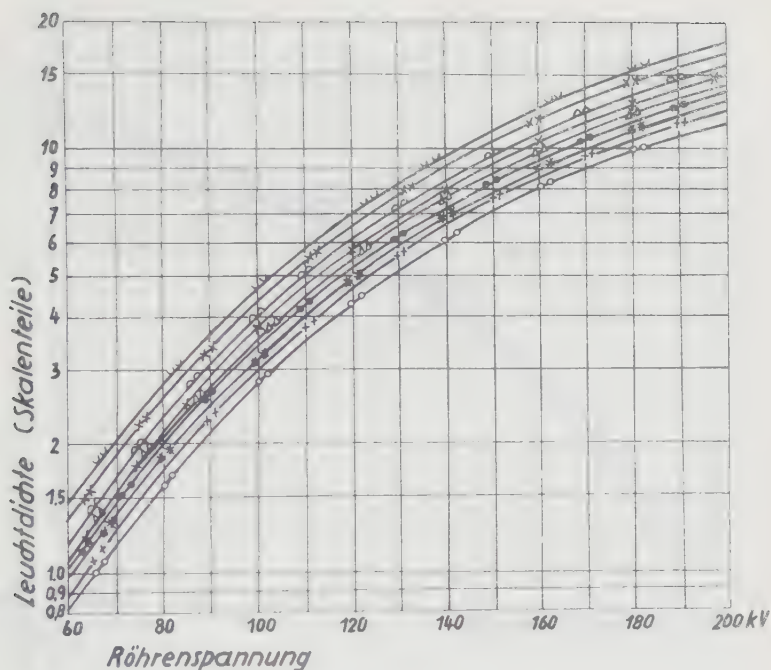


Abb. 21.

Leuchtdichte hinter 15 cm Wasser bei Normalstrahlung; Auerschirme;
 Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm;
 Vinidurphantom 5 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm;
 Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Felaßgröße 20x20 cm. Die Kurven zeigen
 den steilen Anstieg der Schirmhelligkeit.

- ○ = 1. Auerschirm,
- + + = 2. Auerschirm,
- * * = 3. Auerschirm,
- • = 4. Auerschirm,

- X = 90 mg Siemensschirm,
- Δ Δ = 5. Auerschirm,
- ○ = 6. Auerschirm,
- x x = 7. Auerschirm,
- u u = 8. Auerschirm.

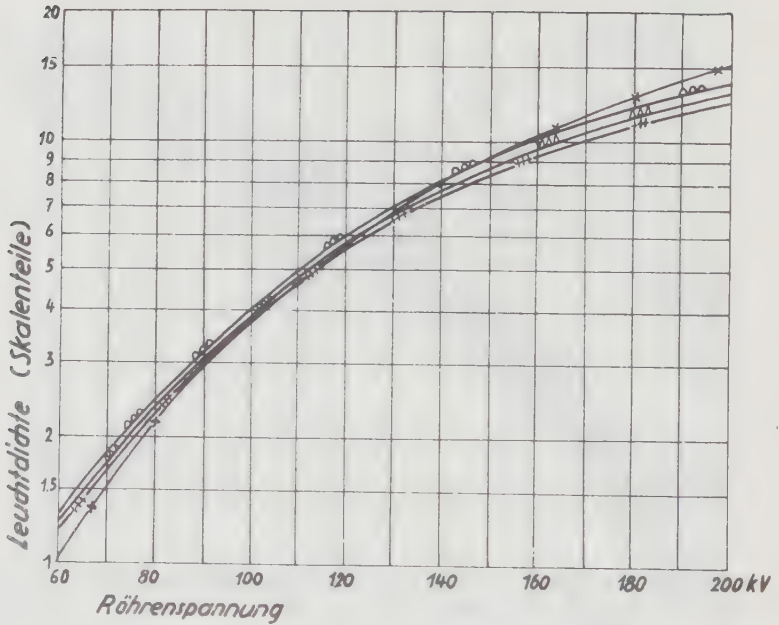


Abb. 22.

Leuchtdichte hinter 15 cm Wasser bei Normalstrahlung; 2 Cawoschirme, 1 Pattersonschirm; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Vinidurphantom 5 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm. Die Kurven zeigen den steilen Anstieg der Schirmhelligkeit.

AAA = Cawoschirm I,

+++ = Cawoschirm II,

x = 90 mg Siemensschirm,

ooo = Pattersonschirm.

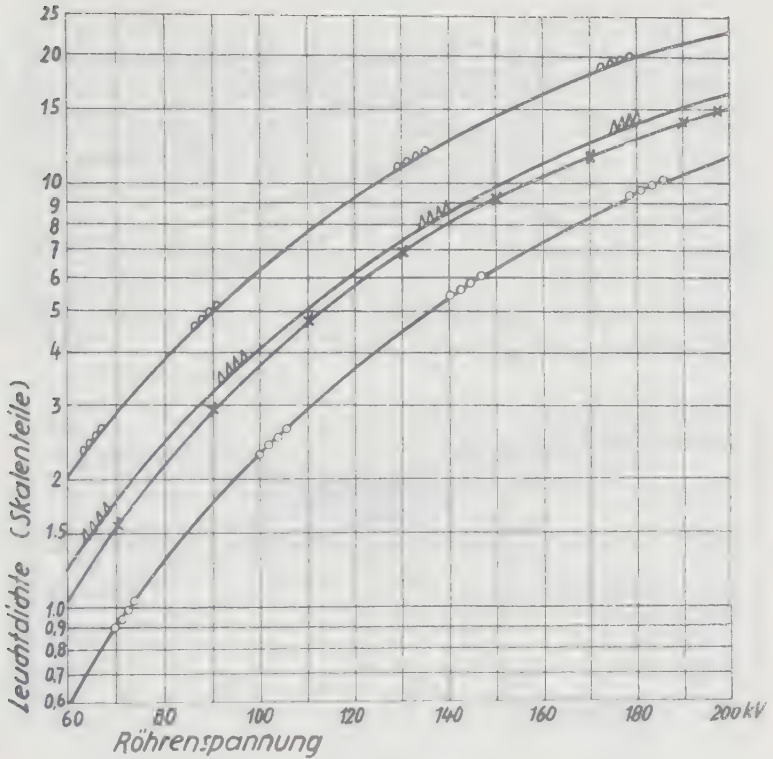


Abb. 23.

Leuchtdichte hinter 15 cm Wasser bei Normalstrahlung; Siemens-Schirmbildschirm; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Vinidurphantom 5 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm. Die Kurven zeigen den steilen Anstieg der Schirmhelligkeit.

oooo = Schirmbildschirm S,

x = 90 mg Siemensschirm,

ΔΔΔΔ = Schirmbildschirm N,

oooo = Schirmbildschirm H.

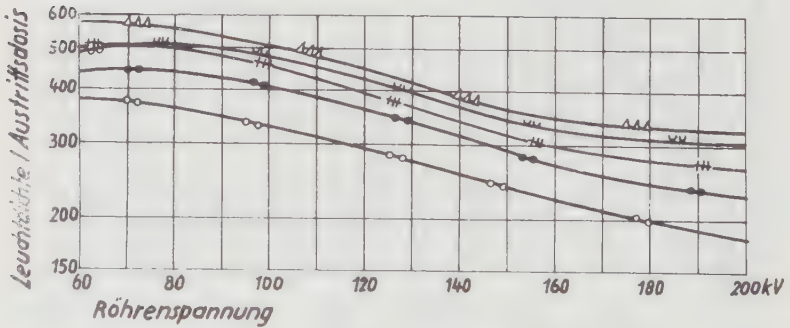
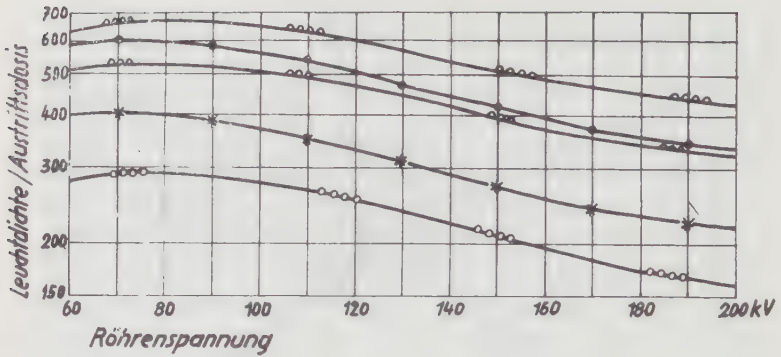


Abb. 24 und 25.

Leuchtdichte / Austrittsdosis hinter 10 cm Wasser bei Normalstrahlung; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand und Fokus-Kammerabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm. Die Kurven geben einen Überblick über die optimale Anregungsspannung und die spannungsabhängige Lichtausbeute.

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| oooo = Schirmbildschirm S, | oo = 1. Auerschirm, |
| * = 70 mg Siemensschirm, | •• = 4. Auerschirm, |
| ooo = Pattersonschirm, | +++ = Cawoschirm II, |
| • = 120 mg Siemensschirm, | vv = 8. Auerschirm, |
| oooo = Schirmbildschirm H, | AAA = Cawoschirm I. |

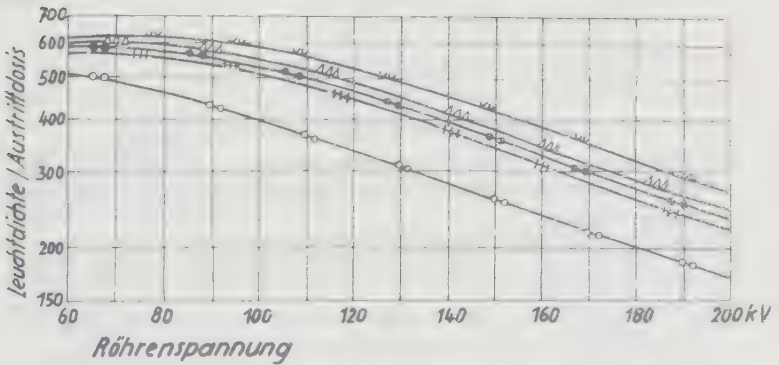
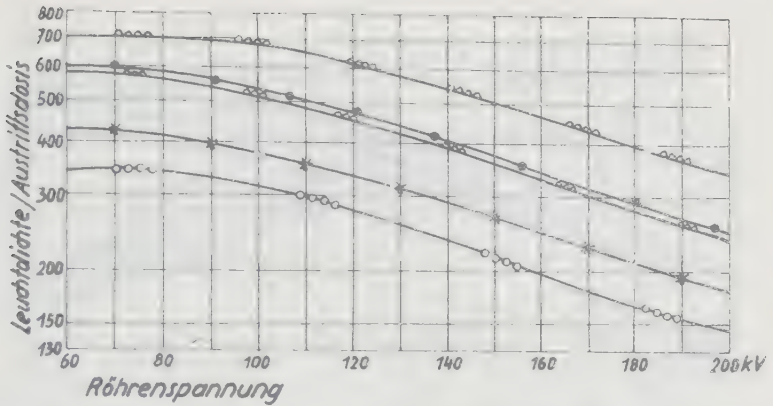


Abb. 26 und 27.

Leuchtdichte / Austrittsdosis hinter 15 cm Wasser bei Normalstrahlung;
 Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm;
 Vinidurphantom 5 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm;
 Fokus-Schirmabstand und Fokus-Kammerabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße
 20x20 cm. Die Kurven geben einen Überblick über die optimale Anregungs-
 spannung und die spannungsabhängige Lichtausbeute.

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| oooo = Schirmbildschirm S, | oo = 1. Auerschirm, |
| * = 70 mg Siemensschirm, | ●● = 4. Auerschirm, |
| ooo = Pattersonschirm, | +++ = Cawoschirm II, |
| ● = 120 mg Siemensschirm, | uu = 8. Auerschirm, |
| oooo = Schirmbildschirm H, | AAA = Cawoschirm I. |

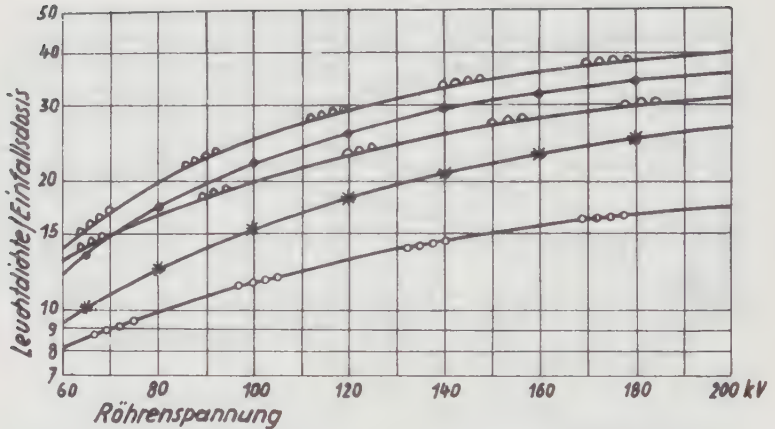


Abb. 28.

Leuchtdichte / Einfalldosis bei ungefilterter Strahlung;
Leuchtdichte hinter 10 cm Wasser; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Einfalldosis gemessen frei Luft; Fokus-Kammerabstand 80 cm; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Die Kurven lassen die Vorteile der geringeren Gesamtschwächung der einfallenden Strahlung im Untersuchungsobjekt bei Spannungssteigerung erkennen.

oooo = Schirmbildschirm S,

* = 70 mg Siemensschirm,

ooo = Pattersonschirm,

• = 120 mg Siemensschirm,

△△△△ = Schirmbildschirm H.

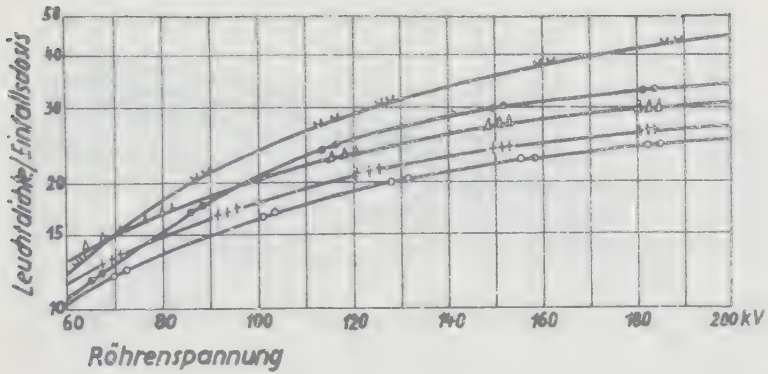


Abb. 29.

Leuchtdichte / Einfallsdosis bei ungefilterter Strahlung;

Leuchtdichte hinter 10 cm Wasser; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Einfallsdosis gemessen frei Luft; Fokus-Kammerabstand 80 cm; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Die Kurven lassen die Vorteile der geringeren Gesamtschwächung der einfallenden Strahlung im Untersuchungsobjekt bei Spannungsteigerung erkennen.

oo = 1. Aerschirm,
+++ = Cawoschirm II,
ΔΔΔ = Cawoschirm I,

•• = 4. Aerschirm,
uu = 8. Aerschirm.

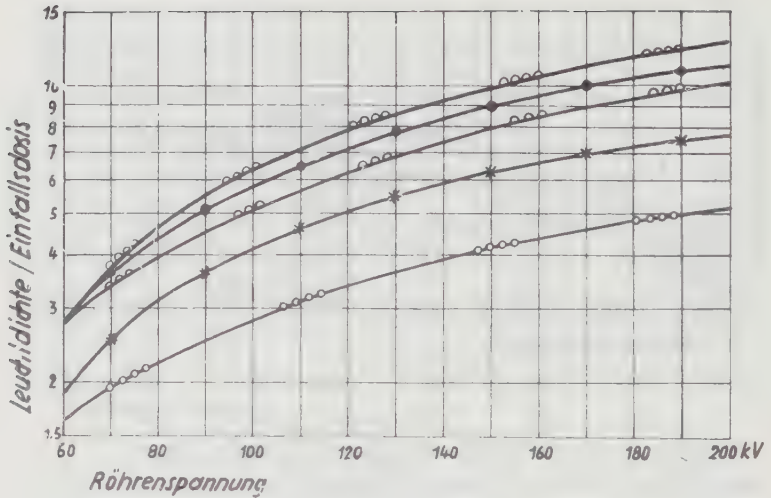


Abb. 30.

Leuchtdichte / Einfallsdosis bei ungefilterter Strahlung;

Leuchtdichte hinter 15 cm Wasser; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Vinidurphantom 5 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Einfallsdosis gemessen frei Luft; Fokus-Kammerabstand 80 cm; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Die Kurven lassen die Vorteile der geringeren Gesamtschwächung der einfallenden Strahlung im Untersuchungsobjekt bei Spannungsteigerung erkennen.

○ ○ ○ ○ = Schirmbildschirm S,

* = 70 mg Siemensschirm,

◑ ◑ ◑ = Pattersonschirm,

● = 120 mg Siemensschirm,

◐ ◐ ◐ ◐ = Schirmbildschirm H.

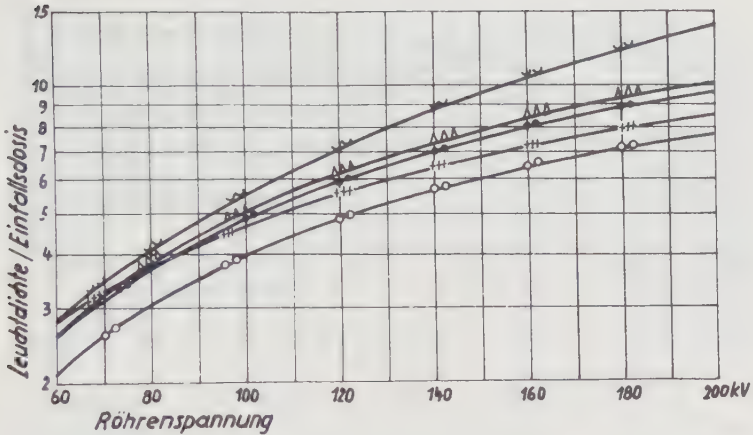


Abb. 31.

Leuchtdichte / Einfallsdosis bei ungefilterter Strahlung;

Leuchtdichte hinter 15 cm Wasser; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Vinidurphantom 5 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Einfallsdosis gemessen frei Luft; Fokus-Kammerabstand 80 cm; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Die Kurven lassen die Vorteile der geringeren Gesamtschwächung der einfallenden Strahlung im Untersuchungsobjekt bei Spannungssteigerung erkennen.

oo = 1. Auerschirm,
+++ = Cawoschirm II,
•• = 4. Auerschirm,

ΔΔΔ = Cawoschirm I,
UU = 8. Auerschirm.

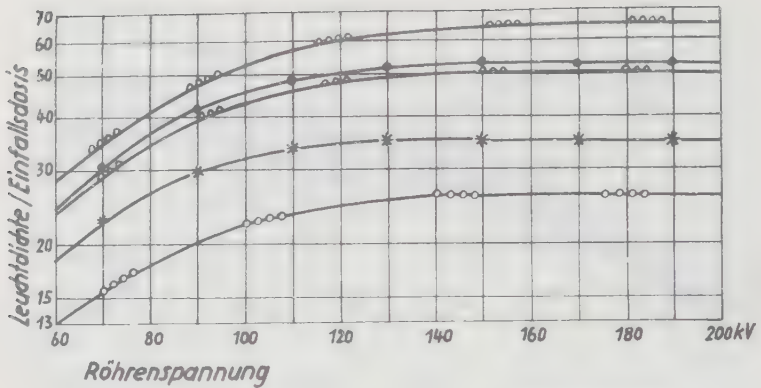


Abb. 32.

Leuchtdichte / Einfallsdosis bei Normalstrahlung;

Leuchtdichte hinter 10 cm Wasser; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Einfallsdosis gemessen frei Luft; Fokus-Kammerabstand 80 cm; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Die Kurven lassen die Vorteile der geringeren Gesamtschwächung der einfallenden Strahlung im Untersuchungsobjekt bei Spannungssteigerung erkennen.

oooo = Schirmbildschirm S,

* = 70 mg Siemensschirm,

ooo = Pattersonschirm,

• = 120 mg Siemensschirm,

oooo = Schirmbildschirm H.

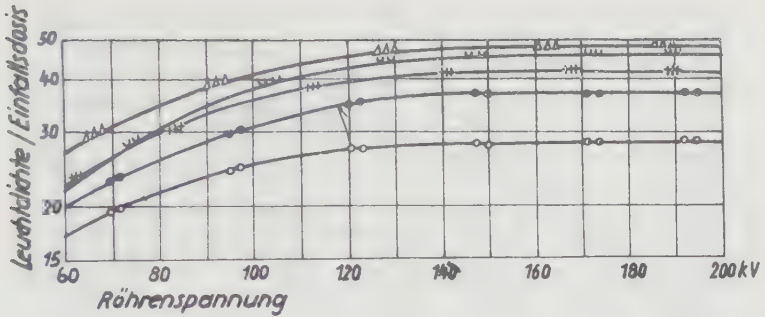


Abb. 33.

Leuchtdichte / Einfallsdosis bei Normalstrahlung;

Leuchtdichte hinter 10 cm Wasser; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Einfallsdosis gemessen frei Luft; Fokus-Kammerabstand 80 cm; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Die Kurven lassen die Vorteile der geringeren Gesamtschwächung der einfallenden Strahlung im Untersuchungsobjekt bei Spannungssteigerung erkennen.

OO = 1. Auerschirm,

●● = 4. Auerschirm,

+++ = Cawoschirm II,

□□ = 8. Auerschirm,

ΔΔΔ = Cawoschirm I.

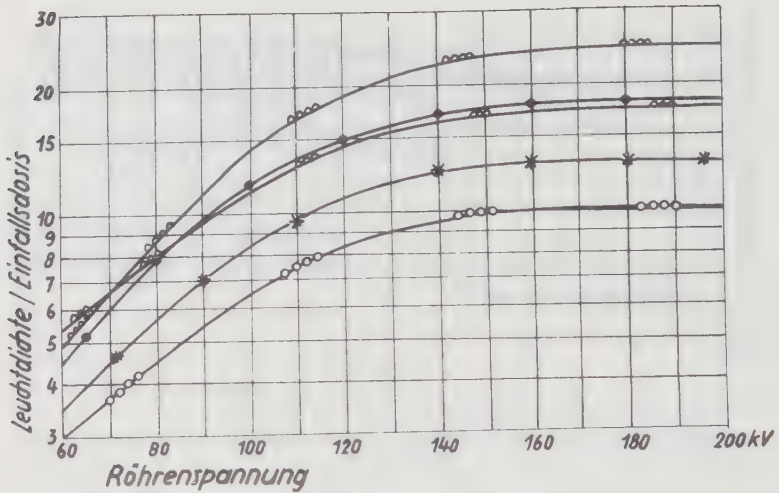


Abb. 34.

Leuchtdichte / Einfallsdosis bei Normalstrahlung;

Leuchtdichte hinter 5 cm Wasser; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Vinidurphantom 5 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Einfallsdosis gemessen frei Luft; Fokus-Kammerabstand 80 cm; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Die Kurven lassen die Vorteile der geringeren Gesamtschwächung der einfallenden Strahlung im Untersuchungsobjekt bei Spannungssteigerung erkennen.

oooo = Schirmbildschirm S,

* = 70 mg Siemensschirm,

ooo = Pattersonschirm,

• = 120 mg Siemensschirm,

oooo = Schirmbildschirm H.

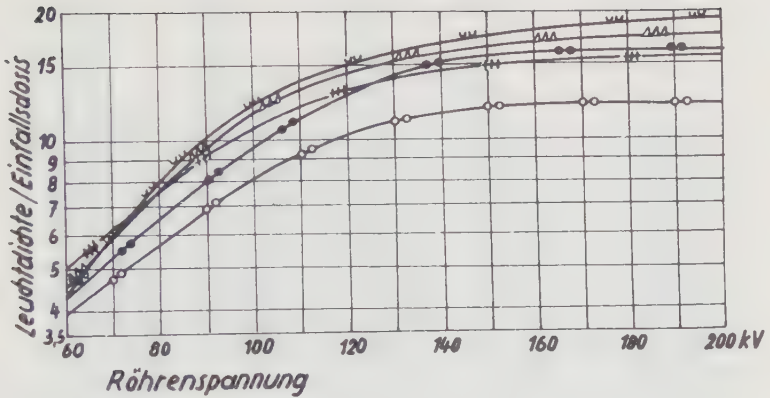


Abb. 35.

Leuchtdichte / Einfallsdosis bei Normalstrahlung;

Leuchtdichte hinter 15 cm Wasser; Vinidurphantom 10 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Vinidurphantom 5 cm Wasser, Wandstärke des Phantoms insgesamt 10 mm; Fokus-Schirmabstand 1 m; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Einfallsdosis gemessen frei Luft; Fokus-Kammerabstand 80 cm; 1 mA; Feldgröße 20x20 cm.

Die Kurven lassen die Vorteile der geringeren Gesamtschwächung der einfallenden Strahlung im Untersuchungsobjekt bei Spannungssteigerung erkennen.

oo = 1. Auerschirm,
+++ = Cawoschirm II,
●● = 4. Auerschirm,

AAA = Cawoschirm I,
uu = 8. Auerschirm.

V. Schlußfolgerungen.

Die Untersuchungen bestätigen die bekannte Tatsache, daß mit wachsender Röhrenspannung die von der Röhre gelieferte Dosisleistung stark ansteigt. Besonders groß ist, wie ebenfalls bekannt, der Anstieg der Austrittsdosis bei höheren Spannungen.

Betrachtet man jedoch die Lichtausbeute in Abhängigkeit von der Dosis, so ergibt sich, daß bei allen untersuchten und heute bekannten Leuchtschirmen dieses Verhältnis mit wachsender Röhrenspannung schlechter wird. Diese Verhältnisse sind in Abb. 36 zusammengefaßt quantitativ dargestellt. In ihr wurde für die wichtigsten von uns untersuchten Leuchtschirmen die Lichtausbeute / Dosis für die noch optimale Spannung mit 100 % bezeichnet. Die in der Abbildung angegebenen Röhrenspannungen zeigen, bei welcher Strahlenqualität noch optimale Anregungsverhältnisse vorhanden sind. Dann ist für jeden der untersuchten Schirme die Lichtausbeute für Spannungen von 150 und 200 kV in Prozenten der Ausbeute unter optimalen Bedingungen angegeben. Man erkennt aus dem Bild, daß bei 150 kV die Ausbeute je Dosiseinheit etwa nur 75 % und bei 200 kV sogar nur etwa 50 % der optimalen Werte beträgt.

Hieraus ergibt sich, daß der Gewinn an Dosisleistung und Austrittsdosis bei der Schirmbildphotographie bei den heute verwendeten Leuchtschirmen teilweise verlorengeht. Die folgenden Zahlen zeigen jedoch, für das Beispiel des Siemens-H-Schirmes, daß bei einer Steigerung der Röhrenspannung immer noch ein erheblicher Gewinn bezüglich Einfallsdosis und Röhrenentlastung zugunsten der Hartstrahltechnik übrig bleibt. Die Bedingungen, für die diese Angaben gelten, sind: Fokus-Leuchtschirmabstand 90 cm, Feinraster und Kamera mit Linsenobjektiv 1:1,5:

<u>kV</u>	<u>mAs</u>		<u>Einfallsdosis</u>	<u>Röhrenlast</u>
80	30,00	=	0,57 r	2,4 kWs,
100	18,80	=	0,43 r	1,8 kWs,
150	4,65	=	0,21 r	0,7 kWs.

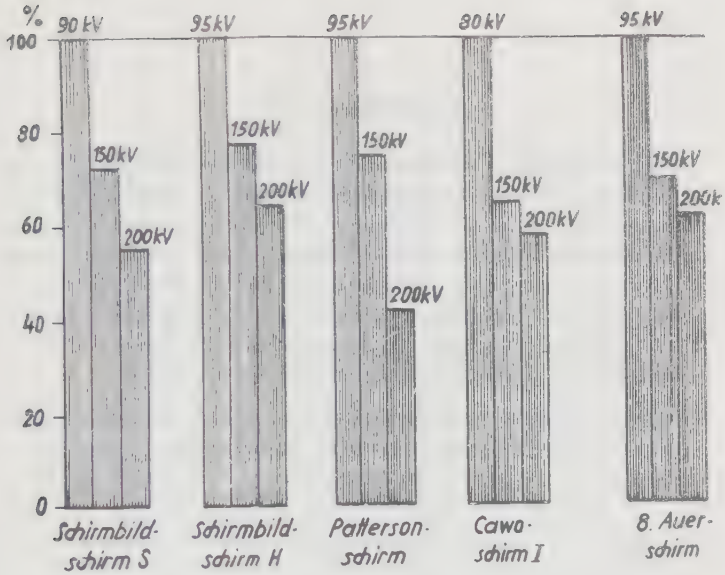


Abb. 36.

Abnahme der Verhältnisse Leuchtdichte / Dosis bei verschiedenen Leuchtschirmen in Abhängigkeit der Röhrenspannung; gemessen bei Normalstrahlung hinter dem Wasserphantom von 10 cm Tiefe. (Optimale Leuchtdichte = 100 % bei den oben angegebenen kV.)

Die Ergebnisse ermutigen mit Hilfe der Hartstrahltechnik z.B. auch seitliche Thoraxaufnahmen und evtl. auch Magendiagnostik im Schirmbildverfahren anzuwenden. Es ist jedoch von anderer Seite noch zu klären, ob bei Spannungssteigerung die Detaillierbarkeit unter Verwendung eines Phantomes, das die dem Thorax äquivalenten Bedingungen liefert, erhalten bleibt oder sogar zunimmt. Ferner bedürfte die Frage des Strahlenschutzes für Patienten, Assistenten und Arzt bezüglich erhöhter Spannungen einer weiteren Klärung. Für die Leuchtschirmindustrie ergibt sich die Frage, ob es möglich ist für die Hartstrahltechnik noch günstigere Schirme anzufertigen.

VI. Zusammenfassung.

In der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene Leuchtschirme auf ihre Eignung für die Schirmbildphotographie im Hartstrahlbereich geprüft. Es wurde dabei die Frage untersucht, in welchen Grenzen eine vermehrte Lichtausbeute der verwendeten Leuchtschirme durch Spannungserhöhung eine Dosisentlastung des Patienten bewirkt. Für das direkte Aufnahmeverfahren wurde dies bereits von WACHSMANN, BREUER und BUCHHEIM (8) nachgewiesen. Die eigenen Untersuchungen galten dem indirekten Aufnahmeverfahren.

Die Dosismessungen im Spannungsbereich von 60 - 200 kV erfolgten mit ungefilterter Strahlung und mit Normalstrahlung, sowohl frei Luft als auch hinter den Wasserphantomen mit der Tiefe von 10 cm und 15 cm Wasser. Die beiden Wasserphantome hatten die für Thorax und Abdomen äquivalenten Bedingungen zu liefern. Ausgedehnte Leuchtdichtemessungen wurden gleichfalls im Bereich von 60 - 200 kV sowohl ohne Zusatzfilter als auch mit Normalstrahlung durchgeführt. Für diese Messungen kam eine Photozelle in Verbindung mit dem Siemens-Reiniger Universaldosimeter zur Verwendung. Als Leuchtschirme standen Siemens-, Auer-, Cawoschirme, 1 Pattersonschirm sowie eine Kollektion Schirmbildschirme in der Größe von 9x13 cm mit verschiedener Schirmbelegung zur Verfügung.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß die Hartstrahltechnik eine Dosisentlastung des Patienten mit gleichzeitiger Herabsetzung der Röhrenlast ermöglicht. Diese Vorteile kommen bei den Schirmbildfolien jedoch nicht voll zur Auswirkung, da das Verhältnis von Leuchtdichte / Dosis bei den zur Zeit bekannten Leuchtschirmen mit wachsender Röhrenspannung abfällt.

VII. Schrifttum.

- 1.) GRAF, H.: "Röntgenphotographie und medizinische
Photographie" 1 (1947) 25
- 2.) JANKER, R.: "Die Leuchtschirm - Photographie"
Bonner Universitäts - Buchdruckerei,
Gebr. Scheur, Bonn 1942
- 3.) JANKER, R.: "Leuchtschirmphotographie, Röntgen-
reihenuntersuchung" Heft 69 (1938) 1-6
der Tuberkulosebibliothek
Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig
- 4.) GAJEWSKI, H.: "Röntgen- und Laboratoriumspraxis"
7 (1954) 2
- 5.) GAJEWSKI, H.: "Röntgen- und Laboratoriumspraxis"
7 (1954) 67
- 6.) FRANKE, H.: "Röntgenblätter" 1 (1948) 60
- 7.) BISCHOFF, K.: "Röntgenblätter" 1 (1948) 108
- 8.) WACHSMANN, F.; "Fortschr. Röntgenstrahlen"
BREUER, K.; 76 (1952) 147
BUCHHEIM, E.:
- 9.) FRIK, W.; "Fortschr. Röntgenstrahlen"
BUCHHEIM, E.: 82 (1955) 466

Lebenslauf.

Als Sohn des Zahnarztes Dr.med.dent. Wilhelm Kirchhoff und seiner Ehefrau Aloisia, geb. Seybold, wurde ich am 22. Oktober 1925 in Stuttgart geboren. Ostern 1932 kam ich in die Grundschule und Ostern 1936 in das humanistische Eberhard-Ludwigs-Gymnasium in Stuttgart. Dieses besuchte ich bis zu meiner Einberufung zum Reichsarbeitsdienst im Mai 1943. Zur Wehrmacht wurde ich am 26. August 1943 eingezogen. Im November 1944 geriet ich in amerikanische Kriegsgefangenschaft. Fast zwei Jahre war ich dann in einem Arbeitslager in der Nähe von Marseille. Während meiner Abwesenheit von Stuttgart flüchteten meine Eltern infolge totalen Bombenschadens nach Schwäbisch Gmünd.

Nach meiner Entlassung aus der Kriegsgefangenschaft, im November 1946, besuchte ich die Oberschule für Jungen in Schwäbisch Gmünd und bestand dort am 1. Juli 1948 die Reifeprüfung. Nach meinem Abitur lernte ich, bis zu meiner Annahme zum Studium der Zahnmedizin an der Universität in Erlangen, 1 1/2 Jahre in einem zahntechnischen Labor in Schwäbisch Gmünd Zahntechnik. Ab Sommersemester 1950 studierte ich in Erlangen Zahnmedizin. Am 31. Oktober 1952 bestand ich die zahnärztliche Vorprüfung und am 18. Februar 1955 die zahnärztliche Prüfung in Erlangen. Seit April 1955 bin ich als Assistent in der zahnärztlichen Praxis meines Vaters in Schwäbisch Gmünd tätig.

Herrn Privatdozent Dr. F. W a c h s m a n n möchte ich für die Überlassung des Themas und für die wertvollen Anregungen bei der Ausführung dieser Arbeit meinen verbindlichsten Dank aussprechen.

Photodruck von  **PhotoToni** BRUNNEN

